

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

Ecole Nationale supérieure des Sciences de la Mer et de  
l'Aménagement du Littoral (EX-ISMAL)



Mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'études universitaires  
appliquées (D.E.U.A) en science de la mer

**Option : Environnement**

## Evaluation de la pollution des principaux rejets au niveau du littoral algérois



**Présenté par :**

M<sup>elle</sup> KACI Lamia  
NEMMAR Mouloud

**Promoteur : Mr. ROUIBAH M.**

Promotion 2008/ 2009

# Sommaire

Introduction :.....	1
---------------------	---

## Chapitre I : Généralités

I-1 Type de pollution.....	2
I-2- Indicateurs généraux de la pollution.....	3
I-2-1- Les pluies acides.....	3
I-2-2- Les matières en suspension (MES).....	4
I-2-3- Matière organique.....	4
I-2-3-1- Demande chimique en oxygène (DCO).....	5
I-2-3-2- Demande biologique en oxygène (DBO).....	5
I-2-3-3- Carbone organique total (COT).....	5
I-3- Les pollutions chimiques.....	6
I-3-1- Eutrophisation et risques toxicologiques .....	6
I-3-2- Les hydrocarbures.....	10
I-3-2-1- Origine des hydrocarbures.....	10
I-3-2-2- Différentes classes des hydrocarbures.....	11
I-3-2-3- Impacts de la pollution par les hydrocarbures sur le vivant.....	12
I-3-3- Les métaux lourds et leurs toxicités.....	14
I-4- Conséquences de la pollution.....	15

## Chapitre II : Méthodologie et zone d'étude

II-1- Présentation de la zone d'étude.....	17
II-2- Méthodologie.....	19
II-2-1- Prélèvement de l'eau.....	19
II-2-2- Mesure des paramètres physico-chimiques.....	20
II-2-3- Mesure de la matière en suspension (MES).....	20

<b>II-2-4- Mesure de la matière organique.....</b>	<b>20</b>
<b>II-2-5- Détermination de la demande chimique en oxygène.....</b>	<b>21</b>
<b>II-2-6- Dosage des sels nutritifs.....</b>	<b>21</b>

### **Chapitre III : Résultats et discussion**

<b>III-1- Les paramètres physico-chimiques.....</b>	<b>26</b>
<b>III-2- Les matières en suspension (MES).....</b>	<b>26</b>
<b>III-3- La matière organique et demande chimique en oxygène.....</b>	<b>27</b>
<b>III-4- Les sels nutritifs.....</b>	<b>30</b>
<b>III-4-1- Les sels azotés.....</b>	<b>30</b>
<b>III-4-2- Les phosphates.....</b>	<b>32</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>34</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>35</b>

**Liste des tableaux et des figures**

**Annexes**

# *Chapitre I*

*Généralités*

## **I-1- Types de pollution :**

La pollution est une altération du milieu naturel par des apports extérieurs, susceptible de nuire à la qualité de l'eau et à la vie aquatique. Elle peut être localisée (déversement d'un égout) ou diffuse (eaux de ruissellement de bassin versant agricole).

**On distingue :**

### **A- Selon le produit rejeté :**

- **Pollution chimique :** Déversement des substances chimiques, hydrocarbures, détergents, métaux lourds ... etc.
- **Pollution biologique :** Micro-organismes provenant d'égout.
- **Pollution physique :** Principalement la pollution thermique (rejets d'eau réchauffée ou refroidie) et rejets liquide et solide.

### **B- Selon la gravité (Le Pimpec et al., 2002) :**

- **Pollution aigue ou accidentelle :** Se caractérise par sa soudaineté et occasionne souvent des dégâts spectaculaires (mortalité massive de poissons par exemple). Les pollutions dites « volontaires » sont très fréquentes : actes de malveillance, vidanges de citernes et déversement délibérés de toutes sortes de produits aussi bien par les professionnels que par les particuliers (industries, agricultures, collectivités, artisans ...). Viennent ensuite, les pollutions dites involontaires : rupture de canalisation, fausses manœuvre, pannes de station d'épuration, fuites de cuves, travaux et accidents intervenant pendant le transport.

- **Pollution chronique :** La pollution provient d'un déversement plus ou moins permanent entraînant une modification progressive du milieu : changement d'aspect de l'eau, envasement du fond de la rivière, dégradation de la faune et de la flore et dépeuplement.

Ce type de pollution peut prendre un caractère aigu dans certaines conditions (débits d'étiage, orage, ...) occasionnant une raréfaction de l'O<sub>2</sub> dissous, ou une atteinte de concentrations toxiques.

- **Pollution différée :** Elle résulte de l'accumulation dans les sédiments ou dans les végétaux qui peuvent les utiliser, de certaines substances toxiques ou indésirables.

Les principales sources de pollution proviennent de :

- ✓ L'industrie.
- ✓ Des collectivités, égouts, stations d'épurations.
- ✓ L'agriculture, engrais, traitement par substances phytosanitaires, effluents d'élevage.

## **I-2- Indicateurs généraux de la pollution**

### **I-2-1- Les pluies acides :**

C'est une pluie rendue acide par son contact avec la pollution atmosphérique. En atteignant le sol, elle provoque de nombreux dommages à la faune et la flore. Elle se forme lorsque les oxydes de soufre et d'azote s'associent à l'humidité de l'air pour former de l'acide sulfurique et de l'acide nitrique qui sont ensuite transportés très loin de leur source avant d'être précipités par les pluies. La pollution peut également être véhiculée par la neige ou le brouillard, ou encore sous forme sèche. En fait, bien que le terme de pluies acides soit utilisé depuis plus d'un siècle il provient d'études atmosphériques effectuées dans la région de Manchester en Angleterre, le terme scientifique le plus approprié devrait être dépôt acide, car la forme sèche de ces précipitations est tout aussi néfaste pour l'environnement que leur forme humide.

L'acidification du milieu aquatique, est mise en évidence depuis le milieu du 19ème siècle, les pluies acides sont la manifestation la plus évidente des transferts de pollution atmosphérique vers les milieux aquatiques.

Le pH « normal » des précipitations se situe autour de 5,6. Depuis les années 70, on a mesuré des valeurs oscillant entre 4,5 et 4,0 et allant même jusqu'à 3,0 : c'est pour cela que l'on parle de « pluies acides ». Ce phénomène est dû à la transformation chimique en acides sulfurique et nitrique dans l'atmosphère du SO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub>, (oxyde d'azote). Deux tiers environ de l'acidité est d'origine sulfurique et un tiers d'origine nitrique.

Les polluants acides peuvent parcourir de grandes distances (plus de 2000 km) dans l'atmosphère avant de se déposer ou d'être lessivés par la pluie (**Delphine, 1999**).

Le dioxyde de soufre provient essentiellement de centrales thermiques à charbon ou au fuel, de fonderies et dans une moindre mesure, des émissions des véhicules. Deux tiers des oxydes d'azote sont émis par le transport routier. Un tiers provient d'installations fixes,

comme les centrales thermiques, certains procédés industriels tels que la fabrication d'acide nitrique.

**I-2-2- Les matière en suspension (MES):** Ce sont des particules solides très fines et généralement visibles à l'œil nu. Théoriquement, elles ne sont ni solubilisées, ni à l'état colloïdale. Elles déterminent la turbidité de l'eau et limitent la pénétration de la lumière dans l'eau entraînant une diminution de la teneur en oxygène dissous et nuisance au développement de la vie aquatique. Toute particule dont le diamètre est inférieur à 45  $\mu\text{m}$ , est considérée comme matière en suspension.

Ces matières sont en relation avec la turbidité, leur mesure donne une première indication sur la teneur en matière particulaire d'origine minérale ou organique.

En fait, les limites séparant les trois états (Particules en suspension  $\phi \geq 0,1 \mu\text{m}$  : colloïdes  $0,001 \mu\text{m} \leq \phi \leq 0,1 \mu\text{m}$  et en solution  $\phi \leq 0,001 \mu\text{m}$ ) sont indistinctes et seule la normalisation de la méthode d'analyse permet de faire une distinction précise mais conventionnelle.

### **I-2-3- Matière organique :**

Constituant ubiquiste des sols, des eaux et des sédiments récents ou anciens, la matière organique est, par sa nature et sa réactivité, un composant tout à fait singulier. Elle participe au recyclage géochimique de nombreux éléments (C, N, O, S, P, cations). Elle a un rôle fondamental dans les phénomènes de diagenèse et elle est à l'origine de la formation des combustibles fossiles, de nombreux minerais métalliques sédimentaires (Zn, Pb, Fe, Cu, U, V) et de phosphorites. Elle contient de précieuses informations sur les environnements passés de la Terre. La matière organique est également au cœur de nombreuses questions de sociétés en tant qu'acteur majeur du cycle du carbone (**Baudin et al., 2007**).

Il existe 02 formes de la matière organique :

La matière organique dégradable : Qui réclame pour sa transformation, la présence d'une quantité suffisante d'oxygène : il s'agit essentiellement des eaux d'égouts urbains, des effluents des industries agricoles (laiteries, porcheries industrielles) et alimentaires, et d'une partie des eaux de papeteries et d'industries textiles.

La matière organique non dégradable : Toutes substances organiques non biodégradables.

L'introduction de matières organiques biodégradables dans un cours d'eau va provoquer, à l'aval du point de rejet une modification du milieu naturel. Cette modification se traduira notamment par une baisse de l'oxygène dissous liée à la dégradation de la matière organique.

Les composés organiques peuvent être naturels ou synthétiques variables. Ils se décomposent par voie biologique suivant des cinétiques variables. Les produits de dégradation génèrent des composés intermédiaires éventuellement en nutriments : azote, phosphore, gaz carbonique ...

**I-2-3-1- Demande chimique en oxygène (DCO):** La DCO désigne la quantité d'oxygène exprimée en mg/l nécessaire pour oxyder les substances organiques à la fois non biodégradables et biodégradables présentes dans les eaux naturelles ou polluées (**Ramade, 2000**). Elle se mesure par oxydation de l'échantillon au bichromate de potassium porté entre 140 et 150° pendant deux heures (Rodier, 1984). Comme cette réaction est perturbée par les chlorures à partir d'une concentration en chlore de l'ordre de 3g/l ainsi que par les autres halogénures, elle ne peut être appliquée aux eaux marines. La DCO peut être importante dans les effluents de certaines industries (papeteries, fabricants de divers types de produits chimiques). Dans les eaux usées d'origine urbaines, le rapport DCO/DBO5 est généralement de l'ordre de 2.

**I-2-3-2- Demande biologique en oxygène (DBO):** La DBO représente la quantité d'oxygène qu'il faut fournir à un échantillon d'eau pour minéraliser par voie biochimique (oxydation bactérienne) la matière organique biodégradable.

La mesure la plus couramment réalisée est celle de la DBO5 retenue par la directive Européenne du 21 mai 1991 (norme AFNOR NFT.90.103). La DBO5 correspond à la demande biochimique en oxygène après Cinq jours d'incubation de l'échantillon à une température de 20°C.

**I-2-3-3- Carbone organique total (COT):** C'est le seul critère vraiment représentatif de l'ensemble des matières organiques présentes dans un échantillon d'eau. Le principe est d'injecter un volume minime d'échantillon (de quelques dizaines à quelques centaines de

microlitres) dans une cellule contenant une solution oxydante (méthode d'oxydation humide), ou, mieux, sur un support catalytique maintenu à haute température (oxydation sèche) et d'entraîner les gaz de combustion vers un détecteur (catharomètre, analyseur infrarouge) dont la réponse est proportionnelle à la quantité de CO<sub>2</sub> formé. C'est donc bien le carbone initialement sous forme organique, que l'on mesure, et non la quantité d'oxygène consommée par l'oxydation. Ces opérations se trouvent automatisées sur certains appareillages commerciaux. Avec des précautions particulières, on arrive à effectuer des mesures en eau de mer dans la gamme de 10µmoles à 100µmoles de COT/l (**Copin-Montaigut, 1993 ; Gaujous, 1995**).

### **I-3- Les pollutions chimiques:**

#### **1-3-1- Eutrophisation et risques toxicologiques :**

En sens habituel selon (**Lacaze, 1996**), elle est définie comme l'enrichissement des eaux en nutriments essentiellement le phosphore et l'azote qui vont favoriser la croissance des végétaux (à la fois algues et macrophytes) pour finalement induire des efflorescences des micro algues (eaux colorées), des algues flottantes à la surface des eaux, des macrophytes notamment et des algues sur les rivages ou sur les fonds (**Menesguen, 1990 ; Ryding, 1993**). Plus brièvement d'après **Bombacé (1995)**, l'eutrophisation est le processus d'enrichissement d'une masse d'eau en sels minéraux et en matières organiques.

La dégradation de ce matériel végétal provoque une diminution des réserves en oxygène des plans d'eau (**tableau n° 1**), qui en retour induit des problèmes secondaires, tels que la mortalité des poissons, la libération de gaz corrosif et autres substances indésirables (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S), des substances organoleptiques et des toxines, etc....

En réalité, la cause est l'hyperfertilisation des eaux résultant de toute substance induisant l'eutrophisation (nutriments et/ou matières organiques). La conséquence de la pollution par hyperfertilisation, correspond à une forte accumulation de biomasse qui ne pouvant être consommée (chaîne alimentaire locale), ni exportée (milieu confiné).

**Tableau n° 1:** Problèmes liés à l'eutrophisation des plans d'eaux (Lacaze, 1996).

Problèmes	Prolifération des micros algues planctoniques	Prolifération des macrophytes et algues littorales
<p><b>1- Altération de la qualité d'eau :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gout et odeur, couleur, filtration, floculation, sédimentation et autres difficultés de traitement.</li> <li>• Désoxygénation, formation de fer, manganèse, CO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S.</li> <li>• Corrosion de tuyaux et d'autres réalisations humaines.</li> </ul>	<p style="text-align: center;">+++</p> <p style="text-align: center;">++</p> <p style="text-align: center;">++</p>	<p style="text-align: center;">+</p> <p style="text-align: center;">+</p> <p style="text-align: center;">+</p>
<p><b>2- Altération des usages récréatifs de l'eau :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspect inesthétique.</li> <li>• Danger pour les baigneurs.</li> <li>• Risques sanitaires.</li> </ul>	<p style="text-align: center;">++</p> <p style="text-align: center;">-</p> <p style="text-align: center;">+</p>	<p style="text-align: center;">++</p> <p style="text-align: center;">++</p> <p style="text-align: center;">+</p>
<p><b>3-Altération des pêches :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mortalité des poissons.</li> <li>• Production d'espèces moins « nobles »</li> </ul>	<p style="text-align: center;">+</p> <p style="text-align: center;">++</p>	<p style="text-align: center;">-</p> <p style="text-align: center;">++</p>
<p><b>4- Altération de la capacité de résistance des matériaux et des installations :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Envasement, colmatage des tuyaux et des filtres, réduction du débit.</li> </ul>	<p style="text-align: center;">+</p>	<p style="text-align: center;">+</p>

+++ : Très fréquent.

++ : Fréquent.

+ : Quelques fois.

Les apports d'azote et du phosphore n'ont pas tout à fait les mêmes conséquences sur les écosystèmes aquatiques, du fait des différences existantes entre les cycles biogéochimiques de ces deux éléments (**tableau n° 2**).

L'azote sous forme de nitrate et le phosphore sous forme du phosphate, ne doivent être confondus ni dans leur comportement, ni dans les pollutions dont ils sont les agents et encore moins dans les mesures qu'il convient de prendre à leur rencontre.

**Tableau n° 2:** Différence entre les cycles de l'azote et du phosphate (**Lacaze, 1996**).

	<b>Azote</b>	<b>Phosphore</b>
<b>Etat</b>	Plusieurs, surtout abondant à l'état moléculaire et gazeux.	Une seule forme minérale : le phosphate.
<b>Cycle</b>	Une boucle entre la biosphère et l'atmosphère	Pas de boucle, un système ouvert.
<b>Comportement dans le sol et le sédiment</b>	Très mobile.	Fortement retenu.
<b>Origines des apports</b>	Effluents agricoles (ils ont un apport N/P élevé, supérieur à 10 donc P limitant).	Effluents domestiques (ils ont un apport N/P faible, inférieur à 7 donc N limitant).
<b>Moyens de lutte</b>	Nitrification.	Déphosphoration.
<b>Vitesse de minéralisation</b>	Lente (plusieurs étapes bactériennes).	Rapide (phosphatase acide).
<b>Toxicologie</b>	Danger de nitrite et de l'ammoniac.	Pas de toxicité.
<b>Types de pénurie</b>	Difficulté d'assimilation d'un élément	Rareté effective.
<b>Rôles dans l'eutrophisation</b>	Important : (lorsque le rapport N/P est faible, inférieur à 7 : N limitant).	Important : (lorsque le rapport N/P est élevé, supérieur à 10 : P limitant).

Les trois principales formes minérales de l'azote (ammonium, nitrites et nitrates) et les phosphates, présentent des niveaux de toxicité très différents, tant pour les organismes aquatiques que pour l'homme.

- **Azote ammoniacal** : En solution, l'ion ammonium  $\text{NH}_4$  est en équilibre avec la forme non dissociée  $\text{NH}_3$  et cette dernière est, de loin, la plus toxique pour les organismes aquatiques (**Ballay, 1992**). L'équilibre entre  $\text{NH}_4$  et  $\text{NH}_3$  étant principalement régi par le pH et la température. On conçoit facilement qu'une même concentration d'azote ammoniacal aura des effets très différents dans une rivière froide et acide, ou dans une rivière aux eaux chaudes et alcalines.

- **Azote nitreux** : C'est pour les organismes aquatiques comme pour l'homme, la plus toxique des formes minérale de l'azote. Très réactif, le nitrite intervient dans de nombreux phénomènes de toxicité dont le plus connus est la méthémoglobinémie et la production soupçonnée de nitrosamines dans l'estomac. Heureusement, dans la plus part de ces cas, l'ion nitrite est, et on dehors de situation de pollution extrême, rapidement oxydé dans le milieu naturel de telle sorte qu'on le rencontre rarement.

- **Azote nitreux** : A la différence de l'ammonium et l'ion nitrite, l'ion nitrate n'est pas directement toxique aux concentrations où on le rencontre dans l'eau. Cependant, chez les nourrissons dans certains cas pathologiques, le nitrate absorbé peut se transformer en nitrite au sein même de l'organisme. Ce qui ramène aux problèmes de toxicité du nitrite.

- **Phosphore** : Le phosphore est présent dans les eaux usées sous des formes très diverses, une partie importante des polyphosphates s'hydrolysent rapidement en orthophosphates. A l'exception à certains composés comme les pesticides organophosphorés, les diverses formes du phosphore apparaissent comme très peu toxiques.

**I-3-2- Les hydrocarbures :**

**I-3-2-1- Origines des hydrocarbures :**

Les hydrocarbures, proviennent comme le charbon, de la fossilisation de matières organiques, datant principalement du carbonifère. Notons qu'en deux siècles, l'homme a consommé les deux tiers des réserves du carbonifère. On trouve à côté des hydrocarbures fossiles des hydrocarbures d'origine récente, synthétisés par les végétaux (algues...).

Concernant les sources dans les eaux de mer (**Bocard, 2006**), les hydrocarbures proviennent:

- Du transport maritime : accidents (marées noires), rejets de cales, fuites, nettoyage des citernes.
- Du déversement aux terminaux pétroliers.
- De l'exploitation pétrolière en mer.
- De l'activité industrielle : raffinerie et pétrochimie.
- Des résidus d'huile usée (garages).
- Des apports atmosphériques.
- Des eaux des ruissellements, en zones urbaines.

La quantité d'hydrocarbures répandue naturellement (notamment par les suintements « écoulements » sous marins) est mal connue.

Les marées noires spectaculaires et localement catastrophiques, ne représentent qu'une faible part des rejets d'hydrocarbures en mer (**tableau n° 3**).

**Tableau n° 3:** Origines des pollutions par hydrocarbures à l'échelle mondiale (**Fattal, 2008**).

Sources	1973 (tonnes)	1981 (tonnes)	1990 (tonnes)	2000 (tonnes)
Rejets atmosphériques	600 000	300 000	200 000	3 750 000
Sources naturelles	800 000	200 000	200 000	250 000
Déversements continentaux	2 700 000	1 200 000	1 500 000	1 480 000
Transport maritime et off shore	2 210 000	1 470 000	500 000	1 060 000

### I-3-2-2- Différentes classes d'hydrocarbures :

- **Les alcanes** : Se sont des hydrocarbures légers, aliphatiques, saturés à chaîne droite, ou ramifiée (Lefebvre., 1978). On les appelle aussi paraffines et représentent environ 30% du poids des pétroles bruts.

Dans le cas d'une pollution marine, ces pétroles qui sont peu nocifs, ont une biodégradabilité rapide, surtout lorsque les chaînes sont droites.

- **Les cycloalcanes (Naphènes ou Cycloparaffines)**. Les cycloalcanes sont aussi des hydrocarbures saturés avec des cycles (hydrocarbures aliphatiques). Ils ont un cycle constitué de six atomes de carbone formant une chaîne carbonée fermée. Cette catégorie est représentée par des composés qui contiennent 1 à 6 cycles qui en plus peuvent être ramifiés. Ils représentent en moyenne 40 à 50% des composés des pétroles bruts. Peu toxiques, ils subsistent plus longtemps que les alcanes dans le milieu.

- **Les hydrocarbures aromatiques** : Comprennent des composés qui sont insaturés (présence de doubles liaisons) dont la molécule contient de 1 à 6 cycles benzéniques. Un cycle benzénique est constitué par six atomes de carbone, chacun relié à un atome d'hydrogène. Ceux de base sont : le benzène, le naphthalène, l'antracène, le chrysène et le pyrène. Toxiques et persistants, ils forment généralement 40% (15 à 40%) des pétroles bruts. La toxicité est due à leur insolubilité et l'un des plus dangereux est le benzo (a) pyrène qui est peu soluble et qui surtout se bioaccumule fortement.

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont des composés qui comprennent au moins deux cycles aromatiques fusionnés, chacun composés de cinq à six atomes de carbone (Baudin et al., 2006). Cette famille compte environ une centaine de molécules qui diffèrent entre elles par le nombre de cycles et leur position respective. On connaît environ une vingtaine de HAP présents dans l'environnement en quantité plus ou moins importante. Ils se forment naturellement lors de la diagenèse des kérogènes, mais la plus part des HAP proviennent de la combustion incomplète des matières organiques vivantes ou fossiles. Outre ces deux modes de genèse, certains auteurs ont mis en évidence leur biosynthèse par des bactéries.

**- Les asphaltènes et les résines :**

\* **Les asphaltènes** : Sont des composés stables de très haut poids moléculaire, qui en plus des atomes de carbone et d'hydrogène, contiennent des hétéroatomes d'azote, du soufre et d'oxygène, ainsi que d'autres composants à l'état de trace tel que le Nickel et le Vanadium. Certains pétroles ont dès l'origine une concentration élevée en asphaltènes (jusqu'à 50% de leur poids). Cette teneur tend à augmenter lors du séjour du pétrole dans le milieu marin en raison de l'évaporation des fractions légères ainsi que des phénomènes d'oxydation. Ils se caractérisent par un point d'ébullition élevé et on les retrouve dans les résidus de raffinage (**Fattal, 2008**).

\* **Les résines** : Riches en carbone et sont composés d'enchevêtrement de plus de six molécules de type benzénique. Ce groupe de composés très stable et généralement le plus persistant sur les littoraux car ils forment des goudrons.

**I-3-2-3- Impacts de la pollution par les hydrocarbures sur le vivant :**

Plusieurs facteurs déterminent l'importance d'une pollution sur les biocénoses :  
(tableau n° 4) :

- La nature des hydrocarbures.
- La zone climatique.
- Des conditions hydrométéorologiques.
- Ou encore des espèces elles mêmes.

**Tableau n° 4:** Effets à courts et à long terme d'une pollution par hydrocarbures sur les organismes et les peuplements (Fattal, 2008).

Peuplement	Sensibilité	Effets à courts terme	Effets à long terme
<b>Algues.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Faible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Engluement ou nécrose des tissus.</li> </ul>	Bonne restauration.
<b>Flore des marais marins et estuariens.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Variables suivant les espèces, l'état de développement des plantes et les périodes de l'année.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Engluement des parties aériennes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Restauration longue.</li> <li>Erosion du marais</li> <li>Modification de la diversité spécifique.</li> </ul>
<b>Mollusques intertidaux.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Forte en général.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asphyxie ou contamination.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Accumulation par les filtreurs.</li> <li>Altération de la reproduction et de la croissance.</li> </ul>
<b>Ecosystèmes benthiques rocheux.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Forte en général.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asphyxie ou contamination.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dépend de la durée de contact.</li> <li>Dans la zone battue, l'effet est faible.</li> </ul>
<b>Poissons.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Faible pour les pélagiques.</li> <li>Forte pour les benthiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asphyxie par engluement sur les branchies.</li> <li>Plaies chez les poissons fouisseurs dans des sédiments faiblement pollués</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Désaffection de la zone polluée.</li> </ul>
<b>Oiseaux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Variable (forte pour les plongeurs).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Engluement du plumage et contamination.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Désaffection de la zone polluée.</li> </ul>

### I-3-3- Les métaux lourds et leur toxicité :

La pollution des océans par les métaux lourds (plomb, mercure, arsenic et cadmium) est due à des émissions prévenantes des activités humaines et diverses. Essentiellement, elle a pour origine les fonderies de la métallurgie et les incinérateurs d'ordures, ainsi que les installations minières abandonnées. Avec les pluies et le lessivage, ils se retrouvent dans les océans. La facilité avec laquelle les polluants sont emportés par l'eau de lessivage dépend fortement de conditions spécifiques (surface spécifique, forme, taille des grains).

- **Le cadmium** : C'est un métal blanc, mou et malléable et il ternit au contact de l'air. Sa toxicité connue depuis les années 50, le Cd est très toxique sous toutes ses formes (métal, vapeur, sels, composés organiques). Le cadmium est l'un des rares éléments n'ayant aucune fonction connue dans le corps humain ou chez l'animal. Il faut éviter son contact avec des aliments. Chez l'homme, il provoque notamment des problèmes rénaux et l'augmentation de la tension.

- **Le mercure** : C'est un métal toxique de couleur argent brillant dont la particularité est de se présenter sous forme liquide ou gazeuse (vapeur) à une température ambiante. C'est un neurotoxique et un puissant reprotoxique. Il est aussi soupçonné d'être une des causes de la maladie d'Alzheimer.

Le mercure n'est pas un oligoélément. Il est toxique et écotoxique sous toutes ses formes organiques et sous tous ses états chimiques. Son utilisation est souvent réglementée, voire interdite, comme c'est le cas en Norvège. La toxicité du mercure dépend de son degré d'oxydation.

- **Le plomb** : Beaucoup des utilisateurs historiques du plomb ou ses composés sont désormais proscrites en raison de sa toxicité pour le système nerveux (saturnisme en particulier).

- **L'arsenic** : Sa toxicité dépend de sa nature chimique, l'arsenic inorganique et plus toxique que l'organique. Elle dépend de son degré d'oxydation :  $As(0) > As(3) > As(5)$ . Elle augmente avec le degré de méthylation de l'arsenic.

#### **I-4- Conséquences de la pollution :**

Selon **Gaujous (1995)** on distingue les conséquences suivantes :

**A- Sanitaires** : Qui ont trait à la santé d'une population humaine.

Les conséquences sanitaires sont donc celles à prendre en compte en priorité. Elles peuvent être liées à l'ingestion d'eau, de poisson ..., mais aussi au simple contact avec le milieu aquatiques (cas de nombreux parasites).

A noter qu'il ne s'agit toujours de problèmes de toxicité immédiats, les conséquences sanitaires pouvant intervenir au travers de phénomènes complexes (cas d'intoxication au mercure, à MINAMATA au Japon).

La conséquence sanitaire d'une pollution est variable dans le temps en fonction de l'usage de l'eau : par exemple, la pollution d'une nappe non exploitée n'a aucune conséquence sanitaire immédiate, mais peut en avoir longtemps après si on utilise cette eau pour l'alimentation en eau potable (A.E.P)

**B- Ecologiques** : Qui ont trait à la dégradation du milieu biologique.

Les conséquences écologiques se mesurent en comparant l'état du milieu pollué par rapport à ce qu'il aurait été sans pollution. Ceci n'a rien d'évident, la pollution se traduisant parfois uniquement par l'accentuation d'un phénomène naturel.

D'une manière générale, les conséquences écologiques sont à considérer au travers de la réduction des potentialités d'exploitation du milieu (pêche, aquaculture, tourisme, promenades, ...) à court et long termes.

Dans certains cas, la conservation du milieu à l'état naturel peut être aussi choisie comme un objectif en soi (notion de réserve : exemple Antarctique).

**C- Esthétiques** : Cette troisième catégorie de conséquence, pour être la plus subjective, n'est pas importante.

Il ne s'agit pas de pollution n'ayant pas de conséquences sanitaires ou écologiques importantes, mais perturbant l'image d'un milieu (par exemple des bouteilles en plastiques ou du goudron rejetés sur une plage).

On peut inclure, dans cette catégorie, les problèmes des goûts de l'eau (le chlore en AEP).

Les conséquences esthétiques sont, par définition, les plus perceptibles, et c'est donc celles dans les riverains et le grand public auront, en premier, conscience.

On peut également distinguer deux autres conséquences liées à l'utilisation de l'eau comme produit :

**D- Industriels** : L'industrie est un gros consommateur d'eau : il faut par exemple 1m<sup>3</sup> d'eau pour produire 1kg d'aluminium.

La qualité requise pour les utilisations industrielles et souvent très élevée, tant sur le plan chimique (minéralisation, corrosion, entartrage), que biologique (problème de biofouling, c'est-à-dire d'encrassement des canalisations par des organismes).

Le développement industriel peut donc être stoppé par la pollution (c'est l'une des raisons pour laquelle la préoccupation est apparue d'abord dans les pays industrialisés).

**E- Agricoles** : L'eau est, dans certaines régions, largement utilisée pour l'arrosage ou l'irrigation, souvent sous forme brute (non traitée).

La texture du sol (complexe argilo humique), sa flore bactérienne, les cultures et le bétail, sont sensibles à la qualité de l'eau.

De même, les boues issues du traitement des eaux usées pourront, si elles contiennent des toxiques (métaux lourds) être à l'origine de la pollution des sols.

# *Chapitre II*

*Zone d'étude et méthodologie.*

### II-1- Présentation de la zone d'étude :

La zone d'étude s'étend sur 80Km de long, de l'oued Mazafran (2°48'E) à l'ouest jusqu'au marais de Reghaia (2°20'E) à l'est. Elle englobe la baie de Bou Ismail, la baie d'El-Djamila et la baie d'Alger.

Les principaux oueds du réseau hydrographique sont :

**A- Oued Béni Messous :** Cet oued est situé à 18Km à l'ouest d'Alger entre Ras Acrata et Sidi Fredj. Ses eaux sont chargées des rejets domestiques et industriels du fait qu'il traverse les communes de Chéraga et Béni Messous d'une longueur de 11.5Km, sachant qu'il est doté d'une station d'épuration. Il débouche dans la baie d'El-Djamila et son débit est estimé en moyenne de 0.245m<sup>3</sup>/s.

\* **Caractéristiques :** Selon la direction de l'hydraulique et de l'économie de l'eau de la wilaya d'Alger (DHEEWA), ses caractéristiques sont :

- Débit moyen des eaux urbaines : 8336 m<sup>3</sup>/j.
- Débit moyen des eaux industrielles : 940 m<sup>3</sup>/j.
- Débit moyen total des eaux : 9276 m<sup>3</sup>/j.
- Débit moyen horaire des eaux : 387 m<sup>3</sup>/j.
- Débit de pointes des eaux usées : 773 m<sup>3</sup>/j.
- DBO5 (charge journalière) : 5439 Kg/j.
- DCO (charge journalière) : 8640 Kg/j.
- Phosphore 174 Kg/j.
- Azote : 1571 Kg/j.

**B- Oued Mazafran :** Situé à 30Km à l'ouest d'Alger, l'oued prend sa source de la plaine de la Mitidja et il débouche entre Zéralda et Douaouda avec un débit moyen de 11.50m<sup>3</sup>/s. L'oued reçoit des eaux usées des rejets d'origine domestique et industriel et aussi des terres agricoles qui sont situées près des principaux oueds qui alimentent l'oued Mazafran.

\* **Caractéristiques :**

- DBO5 : 10 880T/an.
- DCO : 47 146T/an.
- Azote total : 5440 T/an.

- Phosphate total : 1 813T/an.

**C- Oued El-Harrach :** De longueur de 67Km, l'oued El-Harrach prend source de l'atlas Blideen (Hammam Melouane) et il est formé par la confluence de deux oueds principaux : l'oued Akacha et l'oued Mekka. Son débit est estimé à 675m<sup>3</sup>/s et ses eaux sont chargées de déchets domestiques et industriels. Le secteur industriel compte plus de 200 unités industrielles qui contribuent à la pollution de l'oued El-Harrach.

**\* Caractéristiques :**

- DBO5 : 41 292T/an.

- DCO : 123 465T/an.

- Azote total : 3 193T/an.

- Phosphate total : 2 342T/an.

**D- Oued El Hamiz :** Il reçoit des affluents d'origine urbaines et industrielles et des produits phytosanitaires tels que, les pesticides et les engrais utilisés en agriculture. Il déverse à l'est de la baie d'Alger et son débit est régularisé par un barrage, son embouchure est mal aménagée et les rejets affectent directement la surface de la mer. Il couvre une superficie de 270Km<sup>2</sup>, et les principaux affluents sont :

- Oued Segia (Oued Bouira) avec un bassin versant de 54Km<sup>3</sup>.
- Oued Berek (délivré artificiellement de l'oued El-Hamiz) avec un bassin versant de 58Km<sup>3</sup>. La présence du barrage d'El-Hamiz réduit considérablement ses apports solides vers la mer.

**\* Caractéristiques :**

- DBO5 : 41 196T/an.

- DCO : 123 465T/an.

- Azote total : 3 193T/an.

- Phosphate total : 2 342T/an.



### **II-2-2- Mesure des paramètres physico chimiques :**

Les paramètres physicochimiques (pH, T° et salinité) ont été mesurés in situ dans les différentes stations. En raison d'une défaillance de l'appareil (valise multiparamètres) les valeurs affichées de l'oxygène dissous sont instables.

La valise multiparamètres contient un appareil de mesure de la température, du pH, de salinité et d'oxygène dissous.

Les deux paramètres température et salinité, sont mesurés à la fois par une cellule de mesure de la conductivité dont l'appareil reconnaît la sonde branchée et automatiquement, il commute au mode correct de la mesure de température.

Le conductimètre (sonde branchée), est d'une précision de :

- $\pm 0,1$  entre 5 et 25°C.
- $\pm 0,2$  entre 25 et 30°C.

Le pH est mesuré par la sonde de pH, elle est d'une précision de  $\pm 0,1$ .

**Remarque :** Le matériel utilisé a été étalonné auparavant.

### **II-2-3- Mesure de la matière en suspension :**

\* **Principe de la méthode :** Elle consiste à filtrer l'eau à travers une membrane filtrante, afin de retenir les particules de tailles supérieures à 0.45µm.

\* **Mode opératoire : (voir annexe A).**

\* **Calcul de la teneur en MES :**

Selon (Aminot et Chaussepied, 1983) :  $MES (mg/l) = (P_1 - P_2) / V$ .

P<sub>1</sub> : poids du filtre avant filtration (mg).

P<sub>2</sub> : poids du filtre après filtration (mg).

V : volume d'eau filtrée (L).

### **II-2-4- Mesure de la matière organique :**

\* **Principe de la méthode :** Selon Aminot et Kerouel (2004), la méthode décrite par Rodier (1984), consiste à brûler les filtres contenant les MES dans un four à moufle.

\* **Mode opératoire : (voir annexe B)**

**\* Calcul du pourcentage de la MO :**

$$MO (\%) = MO_{(MES)} \times 100 / (P_2 - P_1)$$

MO<sub>(MES)</sub> : la matière organique dans les MES.

MES : teneur en matière en suspension.

**II-2-5- Détermination de la demande chimique en oxygène : Méthode de dichromate de potassium (Aminot et Kerouel, 2004) :**

**\* Principe de la méthode :**

Dans des conditions définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par le dichromate de potassium, en milieu acide en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de fer et d'ammonium.

**\* Calcul de la DCO :**

La DCO est exprimée en milligramme d'oxygène par litre d'échantillon.

$$DCO = [8000 \times (V_1 - V_0) \times T] / V \text{ (mg/l)}$$

V<sub>0</sub>: Volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire au dosage (ml).

V<sub>1</sub> : Volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire à l'essai blanc (ml).

T : Titre de la solution de sulfate de fer et d'ammonium.

V : Volume de la prise d'essai (ml).

**\* Réactifs et mode opératoire (voir annexe C)**

**II-2-6- Dosage des sels nutritifs : (Aminot A. et Chaussepied M., 1983).**

Les sels nutritifs ont été mesurés au laboratoire à l'aide d'un spectrophotomètre UV/VIS (SHIMADZU) type MINI 1240 d'une précision de  $\pm 0,01$  (**figure n° 2**). On a effectué une série de standard pour l'étalonnage de l'appareil (**figure n° 3**) afin de déterminer des concentrations en se basant sur l'équation de la courbe d'étalonnage de l'ordre I :  $Y = a X$ .



**Figure n° 2 :** Image d'un spectrophotomètre UV/VIS (SHIMADZU) type MINI 1240.

#### **II-2-6-1- Les phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) :**

##### **\* Principe de la méthode :**

Le dosage des phosphates s'effectue selon la méthode de (**Murphy et Riley, 1962**). Le principe de cette méthode : les ions phosphates réagissent avec le molybdate d'ammonium, en présence d'antimoine, pour former un complexe que l'on réduit par l'acide ascorbique. Cette forme réduite de coloration bleue, a un maximum d'absorption à 885nm.

##### **\* Réactifs utilisés et mode opératoire : (voir annexe D).**

#### **II-2-6-2- L'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) :**

##### **\* Principe de la méthode :**

Le dosage s'effectue selon la méthode de (**Koroleff, 1969**). Dans un milieu alcalin, l'ammonium forme une monochloramine avec l'hypochlorite. Cette dernière réagit avec le phénol en présence d'un excès d'hypochlorite pour former le bleu d'indophénol absorbant à 630nm. La réaction est accélérée par le nitroprussiate.

##### **\* Réactifs et mode opératoire (voir annexe E).**

### II-2-6-3- Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) :

#### \* Principe de la méthode :

Le principe de base est la réaction de **Griess** où le nitrite réagit avec une première amine aromatique pour former un diazoïque qui est couplé à une seconde amine aromatique pour former une coloration rose. (**Bendschneider** et **Robinson, 1952**) ont réexaminé cette réaction et proposé une version optimisée dans laquelle la sulfanilamide réagit d'abord avec le nitrite en milieu acide, puis le diazoïque avec le N-naphtyl-éthylènediamine.

#### \* Réactifs et mode opératoire (voir annexe F).

### II-2-6-4- Dosage des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) :

L'analyse des nitrates se fait par leur réduction quantitative (>95%) en nitrite (**Wood et al., 1967**). On mesure en réalité la somme des concentrations des ions  $\text{NO}_2^-$  et  $\text{NO}_3^-$ . Par déduction de la concentration en nitrite, déterminée sans réduction, on obtient la concentration en nitrate.

#### \* Calcul de la concentration :

$$[\text{NO}_3^-]_{\mu\text{mol/l}} = C * 1/R - [\text{NO}_2^-] * r/R$$

C: Concentration totale en nitrites après passage de l'échantillon sur la colonne.

R: Rendement de réduction des ions nitrates.  $R \leq 1$ . Pour calculer R utilise une solution de 20  $\mu\text{mol/l}$  (étalon nitrate) dont la concentration est de [C].

$$R = [C]/20 = 0,45.$$

r: Fraction des ions nitrites non réduites par la colonne.  $r \leq 1$ . Pour calculer le r, on utilise une solution de 20  $\mu\text{mol/l}$  (étalon nitrites) dont la concentration est [C□].

$$r = [C\Box]/20 = 0,9.$$

La réduction est effectuée par passage de l'échantillon sur une colonne de cadmium traité au cuivre.

La méthode décrite ici comporte seulement une petite modification par rapport à la méthode d'origine. On a utilisé du chlorure d'ammonium au lieu de l'EDTA 5 (**Grasshoff., 1964**).

**\* Réactifs et mode opératoire voir annexe G.**

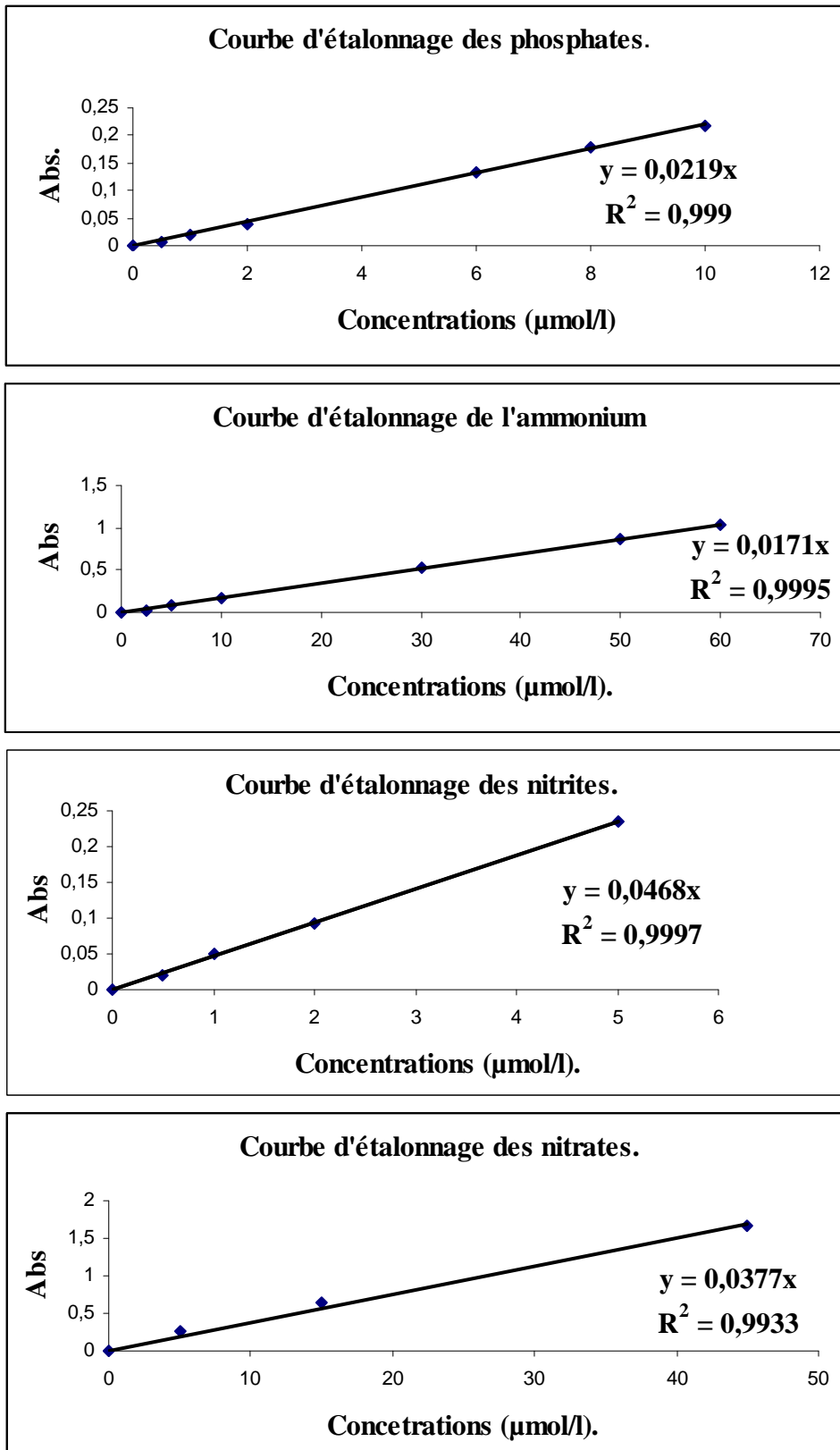


Figure n°3 : Courbes d'étalonnage des sels nutritifs.

# *Chapitre III*

*Résultats et discussion*

### III-1- Paramètres physicochimiques

Les valeurs de salinité permettent d'identifier les eaux usées des oueds de celles des eaux de mer ainsi que le mélange qu'elles subissent au niveau de leur contact (**Tableau n° 5**). Il convient de noter que les prélèvements des eaux de mélange ont été effectués difficilement en raison des risques d'enlèvement particulièrement au niveau de Mazafran.

En général, les valeurs du pH mesurées sont alcalines (7,36-8,35) au niveau des différentes stations (**Tableau n° 5**). Les valeurs les plus élevées sont celles relevées dans les eaux de mer de salinité légèrement supérieure à 36psu et celles les plus basses correspondent aux eaux des oueds.

Les valeurs (>8) des eaux préalablement traitées au niveau de la station d'épuration de l'oued de Beni Moussous sont supérieures à celles observées dans les autres oueds. Alors que celles mesurées au niveau de l'oued El Hamiz sont les plus basses indiquant que ses eaux sont fortement usées.

Les valeurs de la température mesurées au niveau des principaux rejets varient entre 21°C et 27,7°C (**Tableau n° 5**). Ces valeurs correspondent à une journée caniculaire (10 mai : 32°C) et aux heures de mesures.

Les valeurs de la température relevées au niveau des eaux des oueds sont supérieures à celles des eaux de mer et celles de mélange (oued-mer) ce qui reflète ainsi l'influence des conditions météorologiques plus prononcée sur les eaux superficielles des oueds.

### III-2- Matière en suspension (MES) :

La teneur en matière en suspension (MES) varie considérablement entre 42mg/l et 298.57mg/l. Les teneurs élevées sont observées au niveau de deux oueds El Hamiz et Beni Messous où l'écoulement et la turbulence sont plus importants que ceux de l'oued El Harrach et Mazafran (**Tableau n°1 et figure n° 4**). Ceci explique la diminution de la charge observée dans les deux oueds (El Hamiz et Beni Messous) en allant vers la mer en relation avec le dépôt des particules au cours de leur transit. Exception faite au niveau de l'oued Mazafran où probablement le prélèvement des eaux au niveau de contact des eaux (oued-mer) a été difficilement effectué vu les risques d'enlèvement. Ceci semble être confirmé par la valeur basse de la salinité proche de celle de l'oued.

On constate aussi qu'au niveau d'El Harrach, la teneur des MES de l'embouchure (forte turbulence), est plus grande que celle observée dans l'oued à faible écoulement.

**III-3- Matière organique et demande chimique en oxygène (DCO) :**

Les taux de la MO dans les MES varient entre 21% et 80% (Tableau n° 6 et figure n° 5-6). Il en est de même pour la DCO (52-196 mg/l) dans les stations de l'oued et de contact mer-oued.

Les eaux des oueds et du mélange sont les plus chargées par rapport à celles de l'eau de mer pour les oueds étudiés (El Harrach et El Hamiz) à l'exception de l'oued Béni Messous où les eaux sont préalablement traitées, un gradient croissant est observé en allant vers la mer. Ceci indique que la majeure partie de la matière organique au niveau de la station marine, est d'origine marine. Alors que les particules issues de l'oued sont essentiellement de nature minérale et pauvre en matière organique comme l'indique également la valeur basse en DCO. Celle-ci confirme la richesse en matière organique dans les autres oueds particulièrement l'oued El Harrach en relation avec l'importance des rejets domestiques.

**Tableau n° 5 : Valeurs des paramètres physicochimiques des différentes stations  
(\* : Difficultés lors de la mesure).**

<b>Zone de prélèvement</b>	<b>Stations</b>	<b>pH</b>	<b>Température (T° C)</b>	<b>Salinité (psu)</b>
<b>EL HAMIZ</b>	1(oued)	7.36	23.8	0.7
	2 (mélange)	7.38	*	4.3
	3 (mer)	8.24	23	36.2
<b>EL HARRACH</b>	1 (oued)	7.65	27.7	0.4
	2 (oued)	7.57	*	0.5
	3 (mélange)	7.55	22.4	12
<b>BENI MESSOUS</b>	1(oued)	8.14	26.4	0.6
	2 (mélange)	8.03	*	14.3
	3 (mer)	8.27	23.3	36,2
<b>MAZAFRAN</b>	1 (oued)	7.69	26.5	0.4
	2 (oued)	7.76	25.7	0.6
	3 (mer)	8.35	21	36.3

**Tableau n° 6 : résultats obtenus : ammonium, nitrate, nitrite et phosphate, matière organique, matière en suspension (MES) et demande chimique en oxygène (DCO).**

(\* : Erreurs lors de l'analyse ; NA : Analyse non adaptée pour l'eau de mer).

<b>Zone de prélèvement</b>	<b>station</b>	<b>MES (mg/l)</b>	<b>MO (%)</b>	<b>DCO (mg/l)</b>	<b>PO<sup>3-</sup><sub>4</sub> (µmol/l)</b>	<b>NH<sup>+</sup><sub>4</sub> (µmol/l)</b>	<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (µmol/l)</b>	<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (µmol/l)</b>
<b>EL HAMIZ</b>	1	150	58,33	176	140	966,66	12,54	1,93
	2	112,82	63,63	176	61	450	8,85	2,36
	3	42	28,57	NA	2,25	77,77	7,6	0,34
<b>EL HARRACH</b>	1	48,38	80	176	72	720	7,56	1,66
	2	76	21,05	172	72	760	8,85	0,93
	3	56	*	196	68	480	7,85	1,4
<b>BENI MESSOUS</b>	1	298,57	25,4	88	96	435	306,66	56,66
	2	141,70	54,28	52	92,5	500	234,78	100,83
	3	56	60,71	NA	1,2	33,33	6,75	0,76
<b>MAZAFRAN</b>	1	52	*	132	94	630	7,90	1,5
	2	44	*	84	90	610	8,77	1,56
	3	80	80	NA	1,4	11,11	4,52	0,16

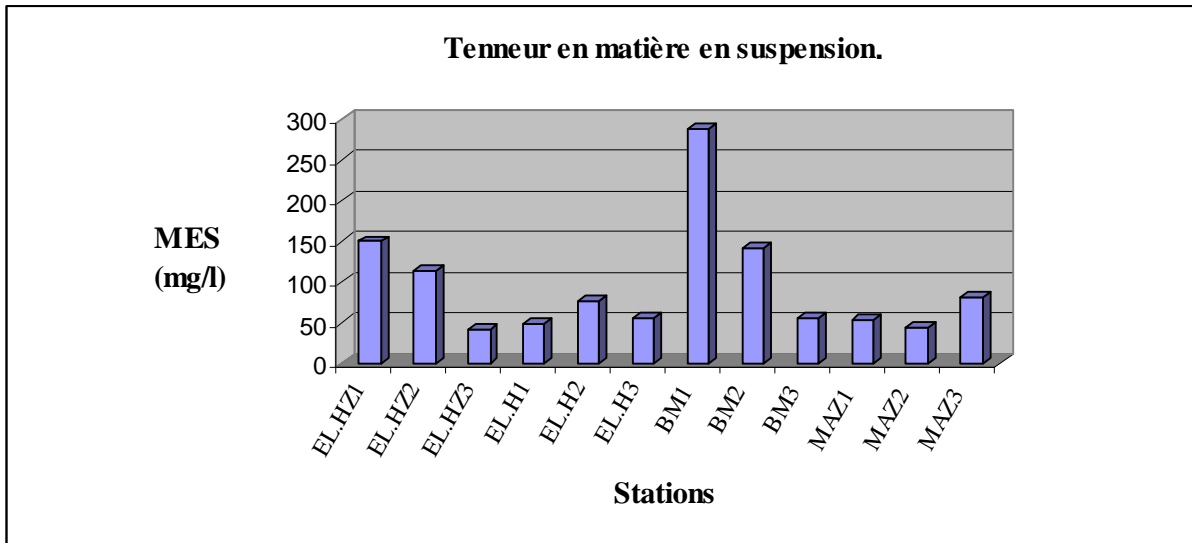


Figure n° 4 : Variation de la teneur en MES dans les différentes stations.

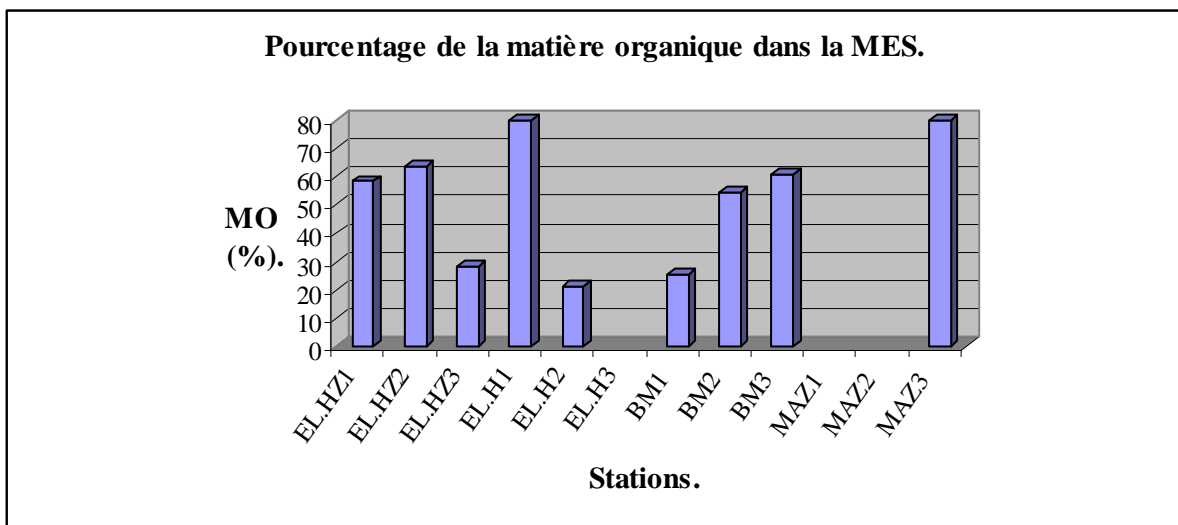


Figure n° 5 : Taux de la MO dans la MES des différentes stations.

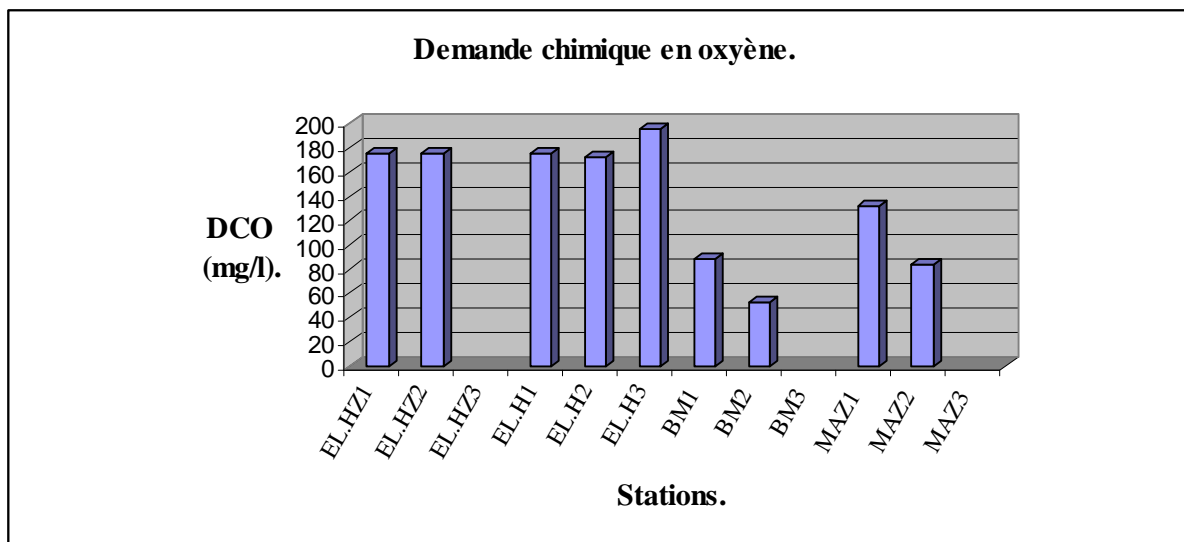


Figure n° 6 : Variation de la demande chimique en oxygène dans les différentes stations.

### III-4- Les sels nutritifs :

#### III-4-1- Les sels azotés :

Les concentrations en ammonium sont très élevées dus aux apports importants d'eaux usées. Elles varient considérablement entre environ 435  $\mu\text{mol/l}$  et 966  $\mu\text{mol/l}$  dans les stations oueds et mélange (**tableau n° 6 et figure n° 7**). Ces fortes concentrations particulièrement au niveau des oueds (El Hamiz et El Harrach) sont liées à l'oxydation de la matière organique dans les eaux usées des rejets urbains qui constituent la principale source d'ammonium. Un gradient décroissant est observé vers les eaux de mélange du fait de la dilution qu'elles subissent

Dans les eaux des stations « mer », les concentrations en ammonium diminuent considérablement particulièrement au niveau de Mazafran où la valeur minimale ( $\sim 11 \mu\text{mol/l}$ ) est observée.

Ces teneurs se rapprochent de celles observées dans l'étude récente (**Bournissa et Marouf, 2008**), mais dépassent largement celles obtenues antérieurement (**Benarab et Ait Hatrit, 2006 ; Fahem et Azzi, 2007**), en relation avec le temps pluvieux et orageux de la veille des prélèvements.

Les concentrations en nitrite et en nitrate dans les eaux de mer restent inférieures à celles des oueds et de mélange qui sont presque identiques. Elles varient entre 0.16 et 2.36  $\mu\text{mol/l}$  pour les nitrites et entre 4.52 et 12.54  $\mu\text{mol/l}$  pour les nitrates exceptées celles des valeurs distinguées au niveau des eaux de l'oued Béni Messous dues probablement à

l'oxydation d'importantes quantités d'ammonium donnant un enrichissement spectaculaire atteignant environ  $100\mu\text{mol/l}$  en nitrite et  $306\mu\text{mol/l}$  en nitrate (Tableau n° 6 et figure n° 8 et 9).

Ces fortes concentrations ont été également signalées au cours d'une étude récente (Bournissa et Marouf, 2008) et qui sont liées vraisemblablement au passage des eaux au niveau de la station d'épuration entraînant une forte oxydation de l'ammonium, en nitrite puis en nitrate (nitrification).

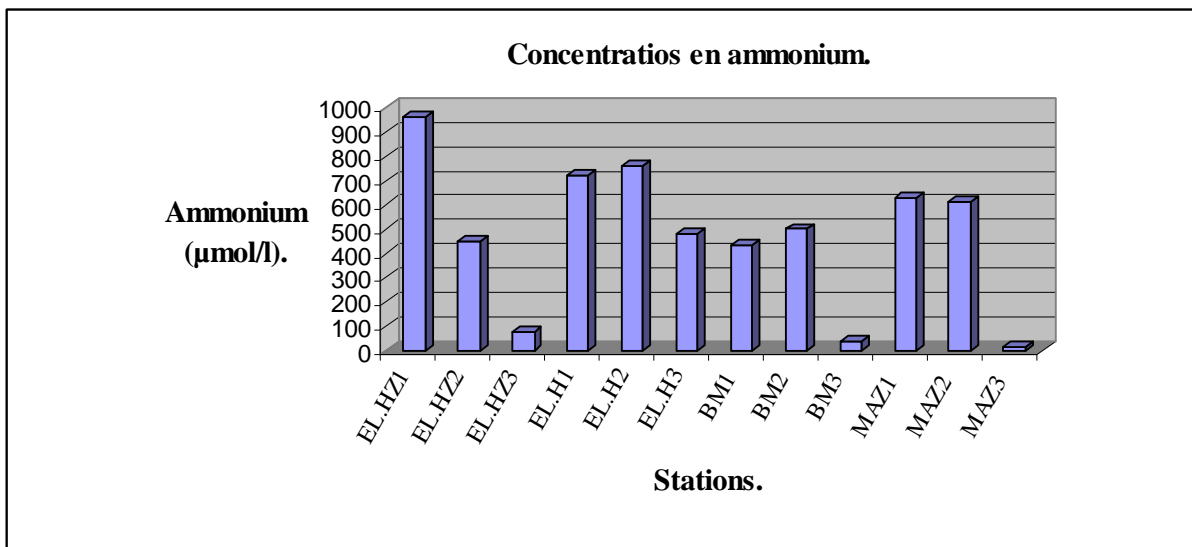


Figure n° 7 : Variation de la concentration en ammonium dans les différentes stations.

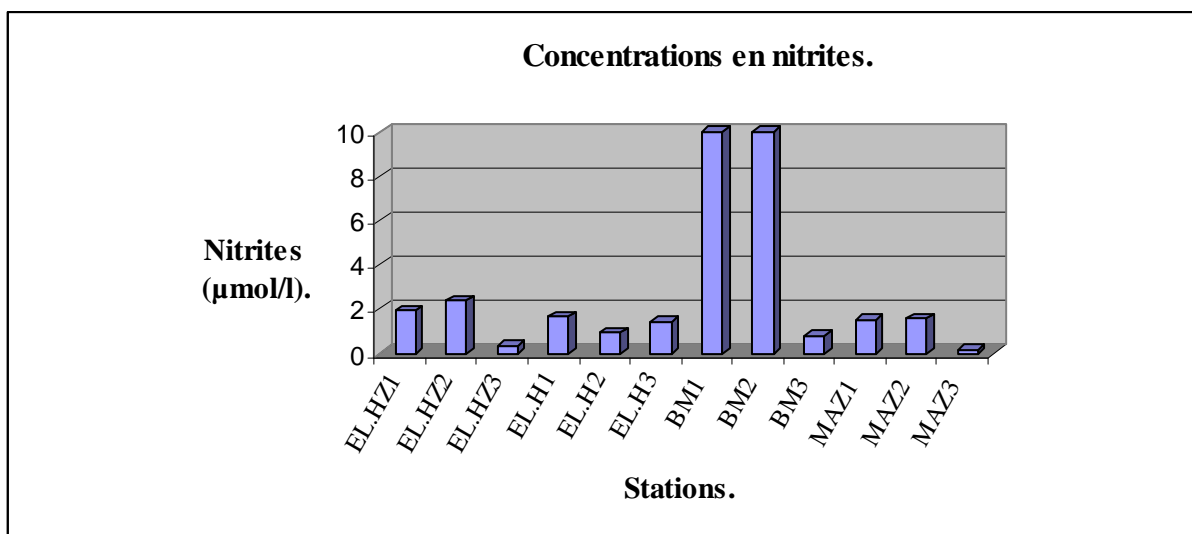
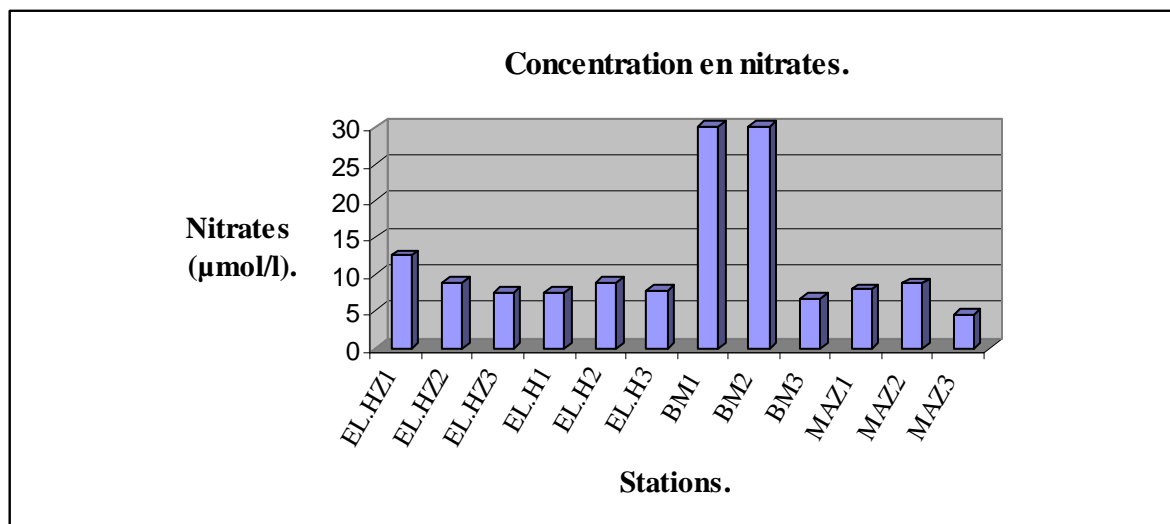


Figure n° 8 : Variation de la concentration en nitrites dans les différentes stations.



**Figure n° 9 :** Variation de la concentration en nitrates dans les différentes stations.

#### III-4-2- Les phosphates :

Les concentrations en phosphates dans les stations (oueds et contact oued-mer) varient entre 61 et 140µmol/l (**Tableau n° 6 et figure n° 10**).

La valeur maximale est observée au niveau de l'oued d'El Hamiz comme pour l'ammonium traduisant ainsi l'importance des apports directs (agricoles et domestiques) en ces composés et l'intense oxydation de la matière organique. A ceci s'ajoute l'adsorption sur les particules argileuses constituant un site favorable aux phosphates et à l'ammonium qui de ce fait leurs concentrations dépassent largement les concentrations observées en nitrate à l'exception de l'oued Béni Messous où les eaux sont préalablement traitées au niveau de la station. Cette adsorption est favorisée par l'apport important en particules argileuses en relation avec les fortes précipitations survenues la veille des prélèvements.

Les teneurs en phosphates dans les oueds dépassent celles des eaux de mélange du fait de la dilution particulièrement observée au niveau d'El Hamiz. Cette diminution a été indiquée également dans les études antérieures dont les concentrations restent inférieures à celles obtenues dans la présente étude (**Belaidi et Aissaoui, 2005 ; Benarab et Ait Hatrit, 2006 ; Azzi A et Fahem Z, 2007 ; Bournissa et Marouf, 2008**).

Comme pour l'ammonium, au niveau des stations « mer », les teneurs en phosphate sont très faibles (< 2,5µmol/l) par rapport à celles observées dans les oueds et se rapprochent de celles trouvées habituellement près des embouchures (**Rouibah et al., 2005 ; Bachouche et Abbou, 2004**).

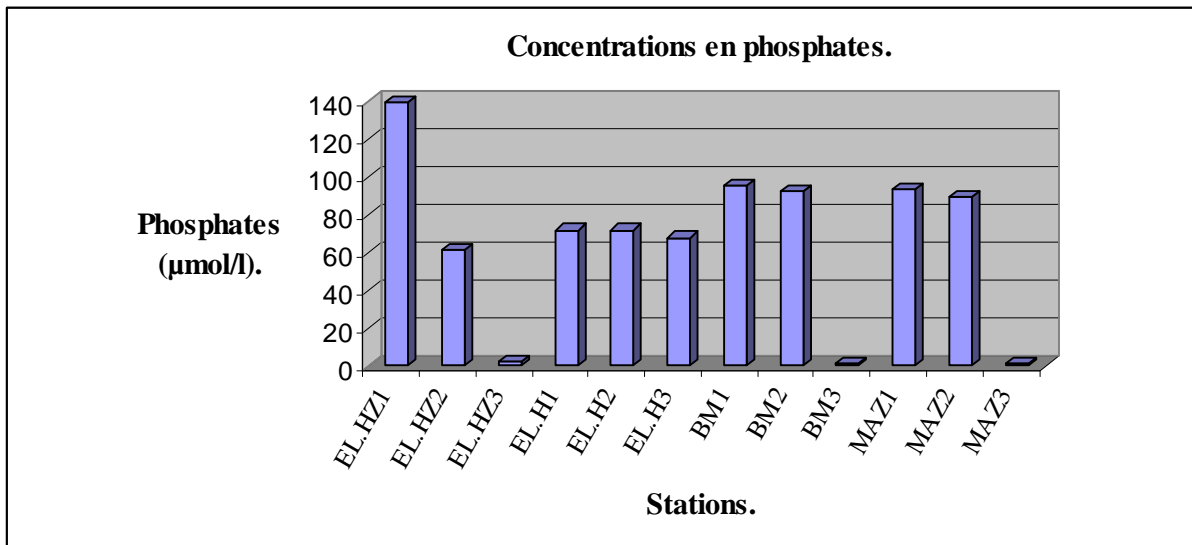


Figure n° 10 : Variation de la concentration en phosphates dans les différentes stations.

## **Conclusion :**

Le travail présenté dans ce document consiste à maîtriser les techniques et les méthodes d'analyse des sels nutritifs, des matières en suspension et organique ainsi que la matière organique totale évaluée par la demande chimique en oxygène. Ces paramètres classiques choisis permettent d'évaluer la pollution au niveau des principaux rejets du littoral algérois.

La mesure in situ des paramètres physicochimiques (température, pH et salinité), a permis de différencier les caractéristiques des stations étudiées.

Les résultats obtenus des matières en suspension et organique dans les différentes stations (oued, interface oued-mer et mer), indiquent que leurs apports par les effluents d'origines urbaine agricole et industrielle sont considérables ainsi que l'établissement de manière générale d'un gradient décroissant en allant de l'oued vers la mer.

Les paramètres chimiques (sels nutritifs et DCO) au niveau des oueds montre un apport considérable en sels azotés particulièrement l'ammonium et en phosphate dont les concentrations dépassent largement celles des nitrates lors de fortes précipitations. Ces deux composés dénotent aussi l'intense dégradation de quantité importante de matière organique exprimée par une forte demande en oxygène des eaux usées rejetées dans les oueds.

Parmi les oueds étudiés, les eaux de l'oued Béni Messous enregistrent les concentrations les plus spectaculaires en nitrite et en nitrate vraisemblablement liées à une importante oxydation de l'ammonium issu de la dégradation de matière organique des eaux domestiques suite à leur passage au niveau de la station d'épuration. Cet enrichissement excessif est très inquiétant et doit être pris en considération lors des traitements des eaux usées.

En fin, la comparaison avec d'autres études antérieures, met en exergue que les oueds du littoral algérois sont en pollution croissante au même titre que l'oued El-Harrach.

*Références  
bibliographiques.*

**Référence bibliographiques :**

**Aminot A. et Chaussepied M., 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Édit cnexo, Brest, 395p.

**Aminot. A et Kerouel. R., 2004.** Hydrologie des écosystèmes marins, paramètres et analyses. Paris. Edition Ifremer, 336P.

**Azzi A et Fahem Z., 2007.** Evaluation de la pollution par les sels nutritifs dans les principaux rejets du littoral algérois. Alger. ISMAL. Mém. DEUA en sciences de la mer, 36P.

**Bachouche S. et Abbou M., 2004.** Mesure des paramètres physico-chimiques et analyse des sels nutritifs au niveau du littoral algérois. Alger. ISMAL. Mém. DEUA en science de la mer.

**Ballay D., 1992.** L'élimination des nutriments dans les stations d'épuration. Pourquoi et jusqu'ou aller ? In l'eutrophisation des eaux marines et continentales. Paris. Edition ellipses, 191P.

**Baudin F., Tribovillard N et Trichet J., 2006.** Géologie de la matière organique. Paris. Edition Vuibert, 263P.

**Belaidi T et Aissaoui A., 2005.** Analyse des paramètres physico-chimiques et les sels nutritifs au niveau des embouchures des oueds du littoral algérois. Alger. ISMAL. Mém. DEUA science de la mer.

**Benarab A. et Ait Hatrit D., 2006.** Evaluation de la pollution chimique dans les principaux rejets du littoral algérois. Alger. ISMAL. Mém DEUA en sciences de la mer, 30P.

**Benschneider K et Robinson R. J., 1952.** A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. J. M. Mar. Res. 11, 87-96. In Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Édit Cnexo, Brest, 395p.

**Bocard C., 2006.** Marées noires et sols pollués par des hydrocarbures, enjeux environnementaux et traitement des pollutions. Paris. Edition Technip, 295P.

**Bombace G., 1995.** Les ressources de pêche de l'Adriatique : situations et perspectives, bulletin de l'institut océanographique. Monaco. In l'eutrophisation des eaux marines et continentales. Paris. Edition ellipses, 191P.

## Références bibliographiques.

**Bournissa M et Marouf M., 2008.** Qualité des eaux des principaux rejets au niveau du littoral algérois. Alger. ISMAL. Mém. DEUA en sciences de la mer, 50P.

**Delphie P., 1999.** Le transfert des polluants atmosphériques vers les milieux aquatiques.

**Fattal P., 2008.** Pollution des côtes par les hydrocarbures. Edition presse universitaires de RENNES, 395P.

**Gaujous D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques : aide mémoire. Paris. Edition Lavoisier TEC &DOC, 220P.

**Grasshoff K., 1962.** Untersuchungen über die Sauerstoffbestimmung im Meerwasser. In Hydrologie des écosystèmes marins, paramètres et analyses. Paris. Edition Ifremer, 336P.

**Koroleff F., 1969.** Direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue. In Hydrologie des écosystèmes marins, paramètres et analyses. Paris. Edition Ifremer, 336P.

**Lacaze J.C., 1996.** Eutrophisation des eaux marines et continentales. Paris. Edition ellipses, 191P.

**Le Pimpec P., Liénard A., Bonnard R., Lafont M., Cazin B., Bossard Ph., Hubert B., Bray M., 2002.** Guide pratique de l'agent préleveur chargé de la police des milieux aquatiques. France. Edition Cemagref, 159P.

**Lefebvre G., 1978.** Chimie des hydrocarbures. Paris. Edition Technip, 248P.

**Menesguen A., 1990.** Présentation du phénomène d'eutrophisation littorale. In la mer et les rejets urbains. Bendor, Ifremer : acte de colloque N°11 : 35-52.

**Copin-Montaigut G., 1996.** Chimie de l'eau de mer. Paris. Institut océanographique, 319P.

**Murphy J., Riley J P., 1962.** A modified stannous chloride solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. In Hydrologie des écosystèmes marins, paramètres et analyses. Paris. Edition Ifremer, 336P.

## Références bibliographiques.

**Ramade F., 2000.** Dictionnaire encyclopédique des pollutions : Des polluants de l'environnement à l'homme. Paris. Edition internationale Ediscience, 690P.

**Rouibah M., Boulahdid M., Boudjellal B., Eddalia N. et Ounadi F., 2005.** Etude de la pollution du littoral algérois et du lac de Reghaia. Contrat ISMAL-APPL, 72p.

**Rodier J.P., 1984.** Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. DUNOD. 3<sup>ème</sup> édition.

**Ryding S.O., 1993.** Le contrôle de l'eutrophisation des lacs et des réservoirs. France. Edition Masson, 294P.

**Wood E D., Armstrong F A J and Richards F A., 1967.** Determination of nitrate in sea water by cadmium copper reduction of nitrite. J. Mar. Biol. Assoc. U. K.

## Documents consultés:

**Idjer S., 1993.** Aménagement et pollution littorale, identification des sources de pollution dans le bassin versant de l'oued El-Harrach et transferts en mer des polluants. Alger. ISMAL. Mém. Ingéniorat en science de la mer, 136P.

**Leroy J B., 1986.** La pollution des eaux. Paris, 127P.

**Mokrani N et Roumadi A., 2005.** Traitement des eaux usées par lagunage naturel : évaluation des paramètres physicochimiques (cas de lagune de Beni Messous). Mém. Ingéniorat en science de la mer, 56P.

**Nolwenn C et Doron M., 2000.** Water pollution. Montpellier, 100P.

## **Liste des tableaux :**

**Tableau n°1: Problèmes liés à l'eutrophisation des plans d'eaux.**

**Tableau n°2: Différence entre les cycles de l'azote et du phosphate.**

**Tableau n°3: Origines des pollutions par hydrocarbures à l'échelle mondiale.**

**Tableau n°4: Effets à cours et à long terme d'une pollution par hydrocarbures sur les organismes et les peuplements.**

**Tableau n°5 : Valeurs des paramètres physicochimiques des différentes stations.**

**Tableau n°6 : Résultats obtenus : ammonium, nitrate, nitrite et phosphate, matière organique, matière en suspension (MES) et demande chimique en oxygène (DCO).**

## **Listes des figures :**

**Figure n°1 : Carte représentative des différentes stations de prélèvement.**

**Figure n°2 : Image d'un spectrophotomètre UV/VIS (SHIMADZU) type MINI 1240**

**Figure n°3 : Courbes d'étalonnage des sels nutritifs.**

**Figure n°4 : Variation de la teneur en MES dans les différentes stations.**

**Figure n°5 : Taux de la MO dans la MES des différentes stations.**

**Figure n°6 : Demande chimique en oxygène aux différentes stations.**

**Figure n°7 : Variation de la concentration en ammonium aux différentes stations.**

**Figure n°8 : Variation de la concentration en nitrate aux différentes stations.**

**Figure n°9 : Variation de la concentration en nitrite aux différentes stations.**

**Figure n°10 : Variation de la concentration en phosphates aux différentes stations.**

*Annexes*

**Annexe A :**

***A-1 : Mode opératoire :***

**1ère étape : conditionnement et préparation des filtres :**

On a utilisé les filtres (Wattman type GF/F).

- Mettre les filtres dans des boîtes à filtre numérotées de façon indélébile.
- Peser chaque filtre à l'aide d'une balance (Kerne W220-3 NM) de précision de 0,01g).
- Replacer chaque filtre dans leurs boîtes avec le couvercle pour éviter la poussière.

**2ème étape : filtration de l'eau :**

- Placer chaque filtre dans le dispositif de filtration.
- Agiter le flacon pour homogénéiser l'échantillon puis verser l'eau sur le dispositif contenant les filtres progressivement.
- Remettre les filtres dans leurs boîtes.

**3ème étape : séchage et pesée des filtres :**

- Mettre les boîtes sans le couvercle dans l'étuve à 75°C pendant 24h.
- Peser les filtres un par un.
- Remettre chaque filtre dans sa boîte afin d'éviter la poussière.

**Annexe B :**

***B-1 : Mode opératoire :***

- Numéroté les creusés de façon indélébile.
- Peser les creusés vides à l'aide de la balance utilisée auparavant.
- Mettre les filtres contenant les MES dans les creusés.
- Mettre les creusés dans un four à moufle à une température de 600°C pendant 2 heures.
- Laisser les creusés se refroidir et peser les filtres.

**Annexe C :**

***C-1 : Les réactifs utilisés pour la détermination de la demande chimique en oxygène.***

- Eau distillée fraîchement préparée.
- Sulfate de mercure cristallisé.

**Solution de sulfate d'argent :**

- Sulfate d'argent cristallisé : 6.6g.
- Acide sulfurique (d=1.84) : 1000ml

**Solution de sulfate de fer et d'ammonium :**

- Sulfate de fer et d'ammonium : 98g.
- Acide sulfurique (d=1.84) : 20ml.
- Eau distillée : 1000ml.

**Solution de dichromate de potassium : 0.25N.**

- Dichromate de potassium (séchée à 110°C) : 12.2588g.
- Eau distillée : 1000ml.

**Solution de ferroïne :**

- 1.10-phénanthroline : 1.485g.
- Sulfate de fer : 0.695g
- Eau distillée : 100ml.

***C-2 : Mode opératoire :***

- Introduire 50ml d'eau à analyser dans un ballon de 500ml.

## Annexe :

- Ajouter 1g de sulfate de mercure cristallisé et 5ml de solution sulfurique de sulfate d'argent.
- Chauffer jusqu'à parfaite solution.
- Ajouter 25ml de solution de dichromate de potassium 0.25N, puis 70ml de solution sulfurique de sulfate d'argent. Porter à ébullition pendant 2 heures sous réfrigérant à reflux adapté au ballon. Laisser refroidir
- Diluer à 350ml avec de l'eau distillée. Ajouter quelques gouttes de solution de ferriose. Déterminer la quantité nécessaire de solution de sulfate de fer et d'ammonium pour obtenir le virage violacé.
- Procéder aux mêmes opérations sur 50ml d'eau distillée. (Blanc des réactifs).

### Annexe D :

#### *D-1 : Les réactifs utilisés pour le dosage des phosphates :*

##### Solution d'heptamolybdate d'ammonium :

- Dissoudre 7,5g de paramolybdate d'ammonium  $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}, 4\text{H}_2\text{O}]$  dans 250ml d'eau distillée.

##### Acide sulfurique 2,5mol/l :

- Dans une bouteille de verre, ajouter petit à petit avec précaution, 70ml d'acide sulfurique (densité=1,84) dans 450ml d'eau distillée et laisser refroidir.

##### Solution d'acide ascorbique :

- Dissoudre 57g d'acide ascorbique ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ) dans 250ml d'eau distillée.

##### Solution d'oxytartrate de potassium et d'antimoine :

- Dissoudre 0,34g d'oxytartrate de potassium et d'antimoine (3),  $\text{K}(\text{SbO}) \text{CH}_4\text{O}_6$  dans 250ml d'eau distillée. Elle d'une concentration de 1,36 g/l.

***D-2 : Mélange réactif :***

Mélanger les réactifs ci-dessus dans les proportions suivantes :

- 100ml de solution de molybdate d'ammonium.
- 250ml d'acide sulfurique 2,5mol/l.
- 100ml de solution d'acide ascorbique.
- 50ml de solution d'oxotartrate de potassium et d'antimoine.

**Solution étalon primaire de phosphate :**

- Dissoudre 0,680g dans 1l d'eau distillée et ajouter 1ml de chloroforme. 1ml de  $\text{PO}_4^{3-}$  contient 5 $\mu\text{mol}$  de  $\text{PO}_4^{3-}$ . Donc la concentration de la solution est de 0,5 mol/l.

**Solution étalon secondaire de phosphate :**

- Diluer 100 fois la solution étalon primaire : 10ml complétés à 1000ml de l'eau distillée avec 1ml de chloroforme.

***D-3 : Mode opératoire :***

On procédera comme suite :

- Préparer le mélange réactif.
- Mesurer 50ml d'échantillon.
- Ajouter 5ml du mélange réactif et homogénéiser.
- Attendre 5 min et mesurer l'absorbance à 885nm.

***D-4 : Etalonnage :***

- Introduire, dans des fioles jugées de 500 ml, 5-10-20-60-80-100ml de solution étalon secondaire et compléter à 500 ml avec de l'eau distillée pour obtenir la gamme de concentration suivante : 0,5-1-2-6-8-10 $\mu\text{mol/l}$ .
- Retrancher des mesures d'absorbance la valeur obtenue avec l'eau distillée plus le blanc des réactifs et tracer la courbe d'étalonnage.

***D-5 : Blanc de réactif :***

- Prendre 50 ml d'eau distillée et ajouter 5ml de mélange réactif. Ce blanc n'est pas négligeable et doit être mesuré à chaque série d'analyse.

**Annexe E :**

***E-1 : Les réactifs utilisés pour le dosage de l'ammonium :***

**Réactif 1 : Solution de phénol-nitoprussiate :**

- Dissoudre 70g de phénol et 100mg de nitoprussiate de sodium ( $\text{Na}_2\text{Fe}(\text{NC})_5\text{NO}$ ,  $2\text{H}_2\text{O}$ ) dans 250ml d'eau distillée.

**Réactif2 : Solution alcaline d'hypochlorite :**

- Dissoudre 70g de citrate trisodique ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ,  $2\text{H}_2\text{O}$ ) et 5,5g de soude dans 200ml d'eau distillée.
- Ajouter 11ml de solution d'hypochlorite de sodium à 10 degrés chlorométriques.
- Compléter à 250ml.

**Solution étalon primaire d'ammonium :**

- Dissoudre 0,165g de sulfate d'ammonium dans 250 ml d'eau distillée.

**Solution étalon secondaire d'ammonium :**

- Diluer 20 fois la solution étalon primaire. Ajouter 1ml du chloroforme, (12,5ml de la solution primaire compléter à 250 ml avec de l'eau distillée.

***E-2 : Mode opératoire :***

- Prendre 50ml d'échantillon dans un flacon.
- Ajouter 1,5ml du réactif 1 et agiter.
- Ajouter 1,5ml du réactif2 et agiter.
- Les flacons sont conservés pendant une nuit et à l'abri de la lumière.
- Mesurer l'absorbance à 630nm.

***E-3 : Etalonnage :***

- Dans les fioles jaugées de 500 ml, on introduit 2,5-10-30-50-60ml de la solution étalon et compléter à 500 ml avec de l'eau distillée pour obtenir la gamme d'étalonnage : 2,5-5-10-30-50-60 $\mu\text{mol/l}$ .
- Retrancher des mesures d'absorbance la valeur obtenue avec l'eau distillée et tracer la droite d'étalonnage.

**Annexe F :**

***F-1 : Les réactifs utilisés pour le dosage des nitrites :***

**Réactifs 1 : Solution de sulfanilamide :**

- Diluer 50ml d'acide chlorhydrique concentré dans environ 300ml d'eau distillée.
- Dissoudre 5g de sulfanilamide dans cette solution et compléter à 500 ml.

**Réactif 2 : solution de N-naphtyl-éthylènediamine :**

- Dissoudre 0,5g de dichlorhydrate de N-(1-naphtyl)-éthylènediamine dans 500ml d'eau distillée.

**Solution étalon primaire de nitrite :**

- Dissoudre 0,345g de nitrate de sodium anhydre dans 1l de l'eau distillée et ajouter 1ml de chloroforme. 1 mol de  $\text{N-NO}_2^-$  contient 5 $\mu\text{mol}$  de  $\text{N-NO}_2^-$ . Donc la concentration de la solution est de 0,5 mol/l.

**Solution étalon secondaire de nitrite :**

- Diluer 100 fois la solution étalon primaire.

***F-2 : Mode opératoire :***

La température de l'échantillon doit être comprise entre 15 et 20°C.

- Introduire 50ml de l'échantillon dans une éprouvette.
- Ajouter 1ml du réactif1 et mélanger, laisser reposer 2 à 8min.
- Ajouter 1ml du réactif2 et mélanger.

## Annexe :

- Attendre 10 min et mesurer l'absorbance à la longueur d'onde de 543nm.

### ***F-3 : Etalonnage :***

- Introduire dans ces fioles jaugées de 500 ml, 5-10-20-50 ml de l'étalon secondaire et compléter à 500ml avec de l'eau distillée afin d'obtenir une gamme d'étalonnage de concentrations : 0,5-1-2-5 $\mu$ mol/l.
- Retrancher des mesures avec l'eau distillée et tracer la courbe d'étalonnage.

## **Annexe G :**

### ***G-1 : Les réactifs utilisés pour le dosage des nitrates :***

Même réactifs 1,2 et la solution étalon primaire pour l'analyse des ions nitrite.

#### **Solution étalon nitrate :**

- Dissoudre 0,506g de nitrate de potassium anhydre dans 1l d'eau distillée, et ajouter 1ml de chloroforme. 1mol de  $\text{NO}_3^-$  contient 5 $\mu$ mol de  $\text{NO}_3^-$ . Donc la concentration de la solution est de 0,5 mol/l.

#### **Solution concentrée de chlorure d'ammonium :**

- Préparer une solution à 250g de chlorure d'ammonium  $\text{NH}_4\text{Cl}$  par litre dans de l'eau distillée.

#### **Solution diluée de chlorure d'ammonium :**

- Diluer 40 fois la solution concentrée de chlorure d'ammonium.

#### **Solution de sulfate de cuivre :**

- Diluer 10g de sulfate de cuivre pentahydraté ( $\text{CuSO}_4, 5\text{H}_2\text{O}$ ).

### ***G-2 : Colonne réductrice :***

#### **G-2-1 : préparation de cadmium :**

- Laver 50g de grain à l'acide chlorhydrique 2 mol/l puis rincer à l'eau distillée.
- Laver rapidement à l'acide nitrique 0,3 mol/l puis rincer à l'eau distillée.

## **Annexe :**

- Laver à nouveau par l'acide chlorhydrique pour chasser les ions nitrates et rincer abondamment à l'eau distillée.
- Traiter alors le cadmium par 100 à 150 ml de solution de sulfate de cuivre : dans un Erlenmeyer agiter le cadmium avec cette solution et laisser en contact pendant plusieurs minutes, la solution se décolore.
- Laver abondamment à l'eau distillée, par débordement de l'Erlenmeyer pour ne jamais mettre en contact le cadmium traité avec l'air, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de fines particules en suspension.

### **G-2-2 : Remplissage et traitement de la colonne :**

- Remplir la colonne avec le cadmium et laver abondamment avec la solution diluée de chlorure d'ammonium.
- Laisser la colonne en milieu  $\text{NH}_4\text{Cl}$  diluée pendant 48h.

### **G-3 : Mode opératoire :**

#### **Analyse de la concentration totale nitrite+nitrate :**

- Prendre 50ml d'échantillon, ajouter 1ml de la solution concentrée de chlorure d'ammonium et mélanger correctement.
- Verser environ 5ml de cette solution dans la colonne et laisser écouler.
- Verser alors le reste de l'échantillon.
- Rejeter les 15ml première.
- Rincer une éprouvette graduée de 50ml avec quelques millilitres de la solution sortant de la colonne et recueillir 12,5ml de l'effluent.
- Ajouter aussitôt 0,25ml du réactif1 et mélanger.
- Laisser reposer 1 à 8min.
- Ajouter 0,25ml du réactif 2 et mélanger.
- Attendre 10 min et mesurer l'absorbance à 543nm.

**Analyse des ions nitrate :**

- Prendre 50ml d'échantillon, ajouter 1ml de solution concentrée de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  et mélanger et poursuivre le dosage comme sur 50ml d'effluent de la colonne.

***G-4 : Etalonnage :***

Du fait que les ions nitrate sont réduits en nitrite par passage sur la colonne, l'étalonnage est effectué avec des solutions de nitrite.

- Introduire dans des fioles jaugées de 500 ml : 5-10-20-50 ml de la solution étalon de nitrite et compléter à 500 ml avec de l'eau distillée pour obtenir la gamme d'étalonnage de concentrations : 0,5-1-2-5 $\mu\text{mol/l}$ .
- Prendre 50ml de chacune de ces solutions, ajouter 1ml de solution concentrée de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  et mélanger. Poursuivre l'analyse comme pour l'analyse normale.
- Retrancher des mesures la valeur de l'absorbance obtenue avec de l'eau distillée et tracer la courbe d'étalonnage.